

文章编号:1671-8879(2006)01-0075-04

## 基于神经网络的公路网规模预测

于江霞<sup>1</sup>, 于景群<sup>2</sup>, 王选仓<sup>1</sup>

(1. 长安大学 公路学院, 西安 710064; 2. 陕西高速公路机械化工程公司, 西安 710038)

**摘 要:**路网规模研究是公路网规划的重要内容。考虑影响公路网合理规模的多种因素,提出了一种基于BP神经网络的公路网规模预测方法,并建立了模拟路网规模与其影响因素间的非线性关系预测模型。步骤依次为:改进传统的BP算法、合理确定影响因素、建立预测模型、模型的训练与检验、数据预测。预测结果表明,该方法客观、合理,预测精度高,实用性强,具有较强的理论与实际应用价值。

**关键词:**交通工程;公路网;BP神经网络;规模;预测

**中图分类号:**U491.12

**文献标识码:**A

### Highway Network Scale Prediction Based on BP Neural Network

YU Jiang-xia<sup>1</sup>, YU Jing-qun<sup>2</sup>, WANG Xuan-cang<sup>1</sup>

(1. School of Highway, Chang'an University, Xi'an 710064, China;

2. Shaanxi Freeway Construction Mechanization Company, Xi'an 710038, China)

**Abstract:** The research on the scale of highway network is an important part of highway network plan. This paper takes fully account of all kinds of influencing factors, puts forward a prediction technique of highway network scale based on BP neural network, and establishes a prediction model that simulates the nonlinear relation between highway network scale and its influencing factors. The prediction steps are as below: the improvement on BP traditional arithmetic, the reasonable choice of influencing factors, the establishment of prediction model, the training and test of this model, the data of prediction. The prediction result is impartial, rational, accurate and applicable. 2 tabs, 4 figs, 7 refs.

**Key words:** traffic engineering; BP neural network; highway network; scale; prediction

## 0 引言

公路网发展规模的预测与确定是进行公路网规划的重要内容,传统预测公路网规模的方法主要有国土系数法、路网密度测算法、连通度测算法以及线性回归法等。这些方法主要从区域面积、人口、经济水平等方面进行测算,缺少综合性。事实上路网规模的影响因素是多方面而且非常复杂的,因而这些

方法中没有一种为人们所公认。

为此,本文综合考虑影响公路网合理规模的多种因素,从人工神经网络理论模型出发,建立了路网规模与其影响因素间的非线性关系,确定区域路网规模。该模型预测精度高,具有较好的预测效果<sup>[1-4]</sup>。

## 1 BP神经网络算法的改进

虽然BP神经网络存在可以实现从输入到输出

收稿日期:2005-02-26

作者简介:于江霞(1976-),女,山东潍坊人,工学博士研究生。

的任意非线性映射的优越性,但是在实际应用中却存在很大的缺陷。主要为:①学习算法的收敛速度慢,通常需要上千次或更多次数;②从数学角度看,它可看成非线性的梯度优化问题,不可避免地存在局部极小问题;③难以确定隐含层和隐节点的个数。因此近些年来出现了很多改进的 BP 算法,例如:变步长算法、动量法和自适应调整学习率的改进算法。BP 算法的改进主要有两种途径:一种是采用启发式学习方法;另一种则是更有效的优化算法。本文采用 trainnet 函数对样本进行训练,函数 trainnet 采用 BP 算法中的 Levenberg-Marquardt 动量项法实现,该方法具有训练速度快、学习时间短的特点,从而使学习时间大大缩短。

## 2 公路规模 BP 神经网络预测模型

### 2.1 影响因素

公路网合理规模的确定是一项十分复杂的工作,影响公路建设总体规模的因素也较为复杂,主要包括地区自然状况、经济发展状况以及交通需求等。本文对公路网规模的特性进行分析,本着影响因素与评价目标一致性且具有系统性、直观性、可测性、可比性和稳定性等原则,确定若干影响因素,同时采用层次分析方法对该因素进行筛选与简化,最后选取的影响因素为:国内生产总值、总人口、居民消费水平、民用汽车拥有量、客运量和货运量<sup>[5~7]</sup>。

### 2.2 模型建立

标准的 BP 神经网络是由 3 个神经元素层组成,即输入层、隐含层、输出层,层间神经元相互联接,层内神经元之间没有联接。本模型也采用这种结构,输入节点以前面给出的公路网合理规模影响因素为基准,确定输入层为 6 个神经元,隐含层为 12 个神经元,输出层为 1 个神经元,即公路网合理规模。所以用于公路网合理规模预测的神经网络模型为:输入层向量集为  $\{a_k\}$ ,  $k=1,2,3,\dots,6$ ;隐含层向量集为  $\{b_i\}$ ,  $i=1,2,3,\dots,12$ ;输出层向量集为  $\{c_i\}$ ,  $i=1$ ; BP 神经网络模型结构见图 1。

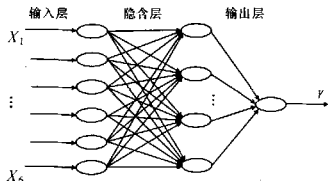


图 1 BP 神经网络模型

模型中输入层与隐含层的传递函数为 logsig (对数 S 型传递函数,见图 2),隐含层与输出层的传递函数为线性传递函数。

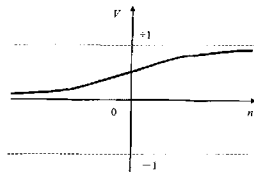


图 2 logsig 函数

## 3 模型训练与检验

### 3.1 输入输出参数的确定

本文以中国公路网的合理规模预测为示例,说明 BP 神经网络在公路网合理规模预测方面的应用。表 1 给出了近年来中国公路网里程和国内生产总值、总人口、居民消费水平、民用汽车拥有量、客运量及货运量统计资料,并根据各指标统计规律以及国家发展规划确定部分指标的目标值。

### 3.2 输入输出数据的规范化

为了改善学习过程中的收敛速度和收敛误差,训练前采用以下隶属度函数对样本数据进行规范化预处理,使数据的值位于  $[0,1]$  内。

对于越小越好指标,采用下面隶属度函数

$$r_i = U_{d_i}(x_i) = \begin{cases} 1 & x_i \leq \min_i \\ \frac{\max_i - x_i}{\max_i - \min_i} & x_i \in d_i \\ 0 & x_i \geq \max_i \end{cases} \quad (1)$$

对于越大越好指标,采用下面隶属度函数

$$r_i = U_{d_i}(x_i) = \begin{cases} 1 & x_i \leq \min_i \\ \frac{x_i - \min_i}{\max_i - \min_i} & x_i \in d_i \\ 0 & x_i \geq \max_i \end{cases} \quad (2)$$

式中:  $d_i$  为  $x_i$  的论域;  $\max_i = \max(d_i)$ ,  $\min_i = \min(d_i)$ 。

### 3.3 模型训练

将中国国内生产总值、总人口、居民消费水平、民用汽车拥有量、客运量和货运量 6 项指标作为样本的输入特征,以表 1 中的前 19 组数据作为学习样本,选用 Levenberg-Marquardt 动量项算法,用 Matlab 软件编程进行计算。设定精度误差  $E$ ,通过 29 次训练学习,计算的均方差满足精度要求,得到合适的权值和阈值。训练误差见图 3。

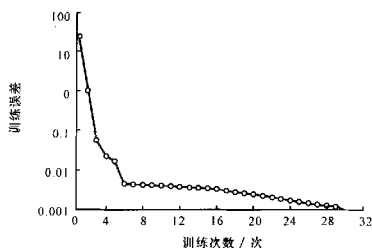


图3 训练误差图

### 3.4 仿真与预测

预测时首先根据中国发展规划以及历史发展数

据,回归预测出某年中国国内生产总值、总人口、居民消费水平、民用汽车拥有量、客运量、货运量指标的数值(表1),并将这些指标值与得到的权值和阈值带入仿真函数进行运算,求出该年公路网规模的预测数值(表2)。

由表2可以看出,历年公路网规模的预测值与实际统计值差别不大,并且只有在1993年出现负增长,1997年误差较大为8.21%,并且误差的平均值仅有0.90%。同时,从图4中也可以看出预测数据曲线与实际统计数据曲线非常吻合,说明该方法的预测精度高,实用性强。

表1 中国公路里程及相关因素数据表

年份	国内生产总值/亿元	人口/万人	消费水平/元	民用汽车/ $10^4$ Veh	客运量/万人	货运量/ $10^4$ t	公路里程/ $10^4$ km
1985	8 964.4	105 851	437.00	321.12	476 486	538 062	94.24
1986	10 202.2	107 507	485.00	361.95	544 259	620 113	96.28
1987	11 962.5	109 300	550.00	408.07	593 682	711 424	98.22
1988	14 928.3	111 026	693.00	464.39	650 473	732 315	99.96
1989	16 909.2	112 704	762.00	511.32	644 508	733 781	101.43
1990	18 547.9	114 333	803.00	551.36	648 085	724 040	102.83
1991	21 617.8	115 823	896.00	606.11	682 681	733 907	104.11
1992	26 638.1	117 171	1 070.00	691.74	731 774	780 941	105.67
1993	34 634.4	118 517	1 331.00	817.58	860 719	840 256	108.35
1994	46 759.4	119 850	1 746.00	941.95	953 940	894 914	111.78
1995	58 478.1	121 121	2 236.00	1 040.00	1 040 810	940 387	115.7
1996	67 884.6	122 389	2 641.00	1 100.08	1 122 110	983 860	118.58
1997	74 462.6	123 626	2 834.00	1 219.09	1 204 583	976 536	122.64
1998	78 345.2	124 761	2 972.00	1 319.30	1 257 332	976 004	127.85
1999	82 067.5	125 786	3 138.00	1 452.94	1 269 004	990 444	135.17
2000	89 468.1	126 743	3 397.00	1 608.91	1 347 392	1 038 813	140.27
2001	97 314.8	127 627	3 609.00	1 802.04	1 402 798	1 056 312	169.80
2002	104 790.6	128 453	3 791.00	2 053.17	1 475 257	1 116 324	176.52
2003	116 694.2	129 227	4 058.00	2 421.16	1 464 300	1 160 000	180.98
2004	125 446.3	130 260	4 382.64	2 589.20	1 568 072	1 175 266	—
2005	134 854.7	131 302	4 733.25	2 886.20	1 628 194	1 205 696	—

表2 中国公路网规模预测量与预测误差表

年份	实际值	预测值	误差/%	年份	实际值	预测值	误差/%
1985	94.24	93.59	0.69	1996	118.58	116.55	1.71
1986	96.28	94.86	1.47	1997	122.64	112.57	8.21
1987	98.22	97.67	0.56	1998	127.85	129.88	-1.59
1988	99.96	98.82	1.14	1999	135.17	134.60	0.42
1989	101.43	100.70	0.72	2000	140.27	143.41	-2.24
1990	102.83	101.11	1.67	2001	169.8	166.99	1.65
1991	104.11	102.38	1.66	2002	176.52	175.70	0.46
1992	105.67	106.15	-0.74	2003	180.98	180.85	0.07
1993	108.35	106.38	1.82	2004	—	188.07	—
1994	111.78	112.57	-0.30	2005	—	205.21	—
1995	115.7	116.16	-0.40	—	—	—	—

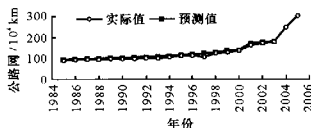


图4 中国公路网规模模型预测数据曲线图

## 4 结 语

(1) 人工神经网络建立的预测模型,可适应社会的发展变化对预测结果的影响,只要隐层数和隐层节点选择合适,网络模型就会有好的泛化能力,预测精度高。

(2) 能充分考虑各种影响因素,实现了预测与复杂的相关因素分离,能够较好的模拟实际状况。

(3) 不用考虑求解难度问题,大大提高了数学模型的实用性。

(4) 预测精度高,表明该方法是可行的。

(5) 为中国各地区预测公路网规模提供了新方法,取代了过去一直使用的国土系数法、弹性系数法、广义费用法以及结点模型法等预测方法。同时也为中国的公路网规划提供了可靠的依据。

## 参考文献:

### References:

- [1] 焦李成. 神经网络计算[M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 1996.  
JIAO Li-cheng. Neural Network Calculation [M]. Xi'an: Xidian University Press, 1996.
- [2] 楼顺天, 施 阳. 基于 MATLAB 的系统分析与设计: 神经网络[M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 1998.  
LOU Shun-tian, SHI Yang. Analyse and Design of System Based on MATLAB; Neural Network [M]. Xi'an: Xidian University Press, 1998.
- [3] 常玉林, 胡启洲. 城市公交线网优化的线性模型[J]. 中国公路学报, 2005, 18(1): 95-98.  
CHANG Yu-lin, HU Qi-zhou. Optimal Line Model on Urban Public Traffic Line Network[J]. China Journal of Highway and Transport, 2005, 18(1): 95-98.
- [4] 刘清君. 公路网规划现实思考与新思路[J]. 交通运输工程学报, 2004, 4(2): 71-75.  
LIU Qing-jun. Review and New Thread of Highway Network Planning[J]. Journal of Traffic and Transportation Engineering, 2004, 4(2): 71-75.
- [5] 刘 洁, 魏连雨, 杨春风. 基于遗传-神经网络的交通量预测[J]. 长安大学学报: 自然科学版, 2003, 23(1): 68-71.  
LIU Jie, WEI Lian-yu, YANG Chun-feng. Traffic Predication Based on Genetic-Neural Network [J]. Journal of Chang'an University: Natural Science Edition, 2003, 23(1): 68-71.
- [6] 顾政华, 李旭宏. 区域高速公路网合理规模研究[J]. 公路交通科技, 2004, 21(9): 78-81.  
GU Zheng-hua, LI Xu-hong. Research on the Reasonable Scale of Regional Expressway Network[J]. Journal of Highway and Transportation Research and Development, 2004, 21(9): 78-81.
- [7] 朱 辉, 李沛才, 陈绍莹. 公路网现状综合评价[J]. 长安大学学报: 自然科学版, 2005, 25(5): 79-82.  
ZHU Hui, LI Pei-cai, CHEN Shao-ying. Synthetic Evaluation of Highway Network Actuality[J]. Journal of Chang'an University: Natural Science Edition, 2005, 25(5): 79-82.